

COMITATO NAZIONALE PER L'ENERGIA NUCLEARE
Laboratori Nazionali di Frascati

LNF-62/51

I.F. Quercia: RELAZIONE SUL VIAGGIO IN U.S.A., MAGGIO 1962

Relazione: VS 46
14 Giugno 1962

LNF-62/51

Relazione: VS 46

14 Giugno 1962

I.F. Quercia: RELAZIONE SUL VIAGGIO IN U.S.A., MAGGIO 1962

1. Visita a Cambridge (Elettrosincrotrone da 6 GeV)

Ho visitato, accompagnato molto gentilmente dal Dr. Livingston, l'acceleratore di Cambridge ormai completo. Hanno infatti già avuto il fascio accelerato fino a circa 2 GeV. Non hanno potuto aumentare l'energia oltre questo valore a causa del "choke-coil" che scalda, e non consente un funzionamento del magnete a piena potenza.

Attualmente stanno smontando il choke-coil, e cercando di migliorarlo mediante piastre di rame raffreddate destinate a forzare il flusso. Se questa modifica consentirà di lavorare fino a 4 GeV, andranno per un paio di anni ^{avanti} in questo modo con la sperimentazione, altrimenti cambieranno il programma sperimentale e ordineranno un'altra bobina.

Nel funzionamento dell'elettrosincrotrone hanno incontrato anche altre difficoltà piuttosto notevoli nella radio-frequenza. Infatti sotto il carico della corrente dovuta al fascio, le 16 cavità vengono eccitate a oscillare in modi diversi dal fondamentale. Per evitare questo effetto pensano di caricare la cavità con ferrite, al fine di abbassare il Q durante la prima parte del ciclo di accelerazione. La ferrite dovrebbe funzionare in modo da presentare un'alta

permeabilità a circa 300 Gauss, ed un valore decrescente con l'aumentare del campo polarizzante fino a 1000 Gauss.

Hanno osservato la larghezza del fascio mediante elettrodi differenziali magnetici posti lungo la ciambella. Trovano un effetto, per ora non spiegato, mediante il quale la larghezza radiale del fascio passa da circa 8,5 cm a 2,5 cm quando accendono anche una sola delle cavità a radio frequenza. Questo effetto lo si osserva anche ad intensità ridotta della corrente del fascio.

Prevedono la estrazione del fascio di elettroni mediante l'innescò di oscillazioni di betatrone radiali ottenute con il noto metodo del "regenerator and peeler".

E' interessante la locazione dell'acceleratore, che si trova praticamente sistemato in un quartiere urbano senza alcuna possibilità di sviluppo nè per le aree sperimentali nè per altre parti. La macchina è dichiaratamente costruita per uso universitario locale. In ciò differisce sostanzialmente dalla macchina di Amburgo.

2. Visita al M.I.T.

a) Gruppo dell'acceleratore lineare

Il Dr. Bertozzi, assieme alla staff di questa macchina, si era recato in California per prendere contatto con le Ditte costruttrici di acceleratori lineari. Hanno infatti in progetto di installare un linac per elettroni di energia ~ 100 MeV, e pare che ora tale progetto sia stato approvato. Di tale progetto ho avuto per ora un disegno della disposizione del linac e delle aree sperimentali. Otterremo maggiori dettagli scrivendo successivamente a Bertozzi.

b) Gruppo di ricerche spaziali

Il Prof. Bonetti collabora con il Prof. B. Rossi a ricerche sulla distribuzione di plasma di origine solare en-

tro lo spazio extraterrestre. Mediante una gabbia di Faraday con polarizzazione variabile tra 50 e 2500 Volt, è stata misurata la densità di particelle positive in questi intervalli di energia, a distanza fino a parecchie decine di raggi terrestri. Si sono trovate densità superiore di un ordine di grandezza alle densità standard pari 1 per cm^3 . Inoltre dalle contemporanee misure eseguite con un magnetometro, è stata osservata una notevole correlazione tra la presenza di tale plasma e la perturbazione del campo magnetico osservato. Sembra che il plasma e le perturbazioni da esso provocate si arresti ad una distanza di circa 22 raggi terrestri, per effetto di "urto" contro il campo magnetico terrestre.

c) Gruppo del Prof. M. Deutsch

Stanno collaudando al ciclotrone il sistema di camere a scintilla preparato per la esperienza sullo "effetto Compton su protoni". Eseguiranno tale esperimento all'elettrosincrotrone di Cornell.

Particolare tecnico: per formare traguardi di riferimento sulle camere a scintilla usano pannelli elettroluminescenti Silvania, che funzionano con l'alternata della rete (ma meglio a 400 c/s). Il costo è di circa 2,5 \$ per un'area di circa $10 \times 15 \text{ cm}^2$.

3. Visita al National Bureau of Standard

a) Laboratorio del Betatrone

Dr. H.W. Koch
Dr. J.E. Leiss
Dr. S. Penner

Hanno in programma di installare un Linac per elettroni da 150 (170) MeV di energia, e di potenza media pari a $40 + 50 \text{ kW}$ (100 kW?).

Tale linac troverà posto, tra circa due anni, nel

nuovo edificio che verrà costruito (vedi appresso) nell'area dove si sposterà prossimamente il N.B.S.

Hanno acquistato un linac (High Voltage) in banda L (1.300 Mc/s), poichè questo tipo dovrebbe fornire un fascio di migliore qualità. In linea di principio la banda S dovrebbe dare un $\Delta E/E$ più basso ma in pratica si hanno gli stessi valori di spread in energia per le macchine dei due tipi.

Per esempio loro si aspettano che la tensione sui klystron, ottenuta mediante tubi a vuoto di potenza, sia costante durante l'impulso entro il 2% (v. fig. 1).

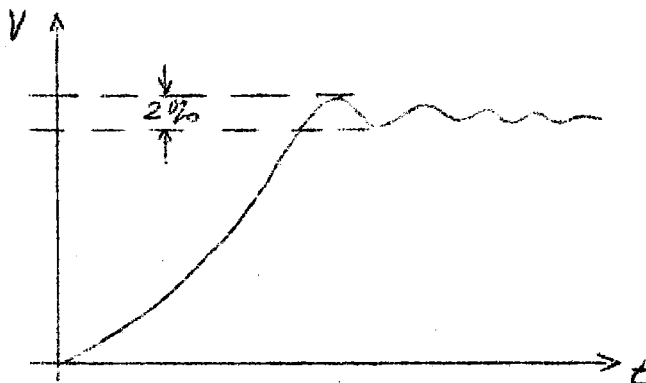


FIG. 1

Il linac sarà costituito da un primo gruppo di 3 sezioni di potenza, ciascuna alimentata da due klystrons L-3297 da 5MW ciascuno, per un totale di 10 MW per sezione.

Queste prime tre sezioni saranno seguite da un "drift space" lungo 3 metri, nel quale potrà eventualmente trovare posto il convertitore $e^- \rightarrow \gamma \rightarrow e^+$.

La corrente di picco per questa prima sezione sarà di 0,7 A, per una energia di ~ 40 MeV. Seguono 6 sezioni uguali, ciascuna alimentata da un klystron da 5 MW, che portano l'energia finale a 170 MeV (senza carico) e circa 160 MeV sotto carico, con una corrente di picco garantita di 240 mA.

Il $\Delta E/E$ garantito è 5% per il 90% della corrente garantita; si attendono meglio, forse 2%. La lunghezza degli impulsi sarà variabile fra 0,1 μ s e 6 μ s con 300 pulsi/s

(ma potranno lavorare anche fino a 720 pps), con duty cycle di 2×10^{-3} dei klystrons. Di tale tempo circa 85% può essere occupato dal fascio.

La schermatura di questa macchina richiede circa 3,8 metri di calcestruzzo, ed una copertura di $6 + 12$ metri di terra.

La lista dei campi di ricerca che hanno attualmente in mente è la seguente:

- 1) Scattering di elettroni (e positroni)
- 2) Fotoneutroni (tempi di volo)
- 3) Impiego di γ monocromatici da annichilamento e^+
- 4) Spettrometria di particelle pesanti
- 5) Dosimetria ed effetti di irraggiamento
- 6) Decadimento β inverso
- 7) (Misure di sezioni d'urto di neutroni)
- 8) Eventuali anelli di accumulazione

L'edificio che contiene l'acceleratore lineare è costituito di due sezioni affiancate (v. fig. 2), in una delle quali trova posto il linac e gli impianti di raffreddamento, e nell'altra, separata dalla prima da 1 metro di cemento, trovano posto i modulatori, gli apparati elettrici e gli apparati meccanici (condizionatori di aria, etc.).

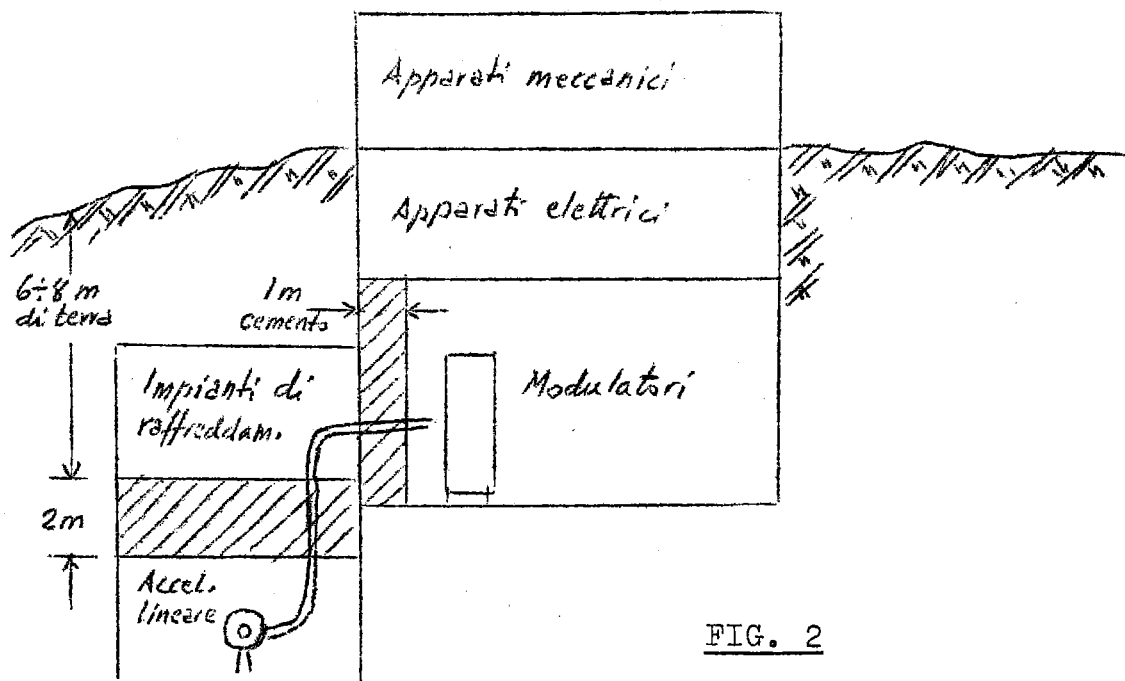


FIG. 2

Il linac sarà dotato di un sistema di magneti per deflettere ed analizzare il fascio in energia. Sono prevedute tre distinte aree sperimentali, in ciascuna delle quali è possibile lavorare mentre il fascio di elettroni o di bremsstrahlung è inviato in un'altra area.

La deflessione del fascio viene fatta in una "sala magneti" ben schermata dalle aree sperimentali e connessa con queste mediante appropriati tubi per il fascio. Nella "sala magneti" saranno contenuti i sistemi di deflessione, i collimatori, le targhette di bremsstrahlung, le trappole per le radiazioni, un sistema per le misure dello spettro di energia degli elettroni, e gli equipaggiamenti ausiliari connessi.

Sono previste 4 direzioni per il fascio^(x):

- 1) Fascio diritto: entra nell'area sperimentale senza deviazione o analisi in energia.
- 2) Fascio a 20°: entra nella stessa area sperimentale del fascio diritto.
- 3) Fascio a 45°: mediante l'uso di una serie di magneti deviatori identici si ottiene una eccellente indipendenza dal valore dell'energia.
- 4) Fascio a 90°: destinato ad avere una particolarmente buona risoluzione in energia.

I particolari di questo sistema di magneti per la diffusione del fascio sono descritti nella nota:

"Electron Beam Switching System for Linac"

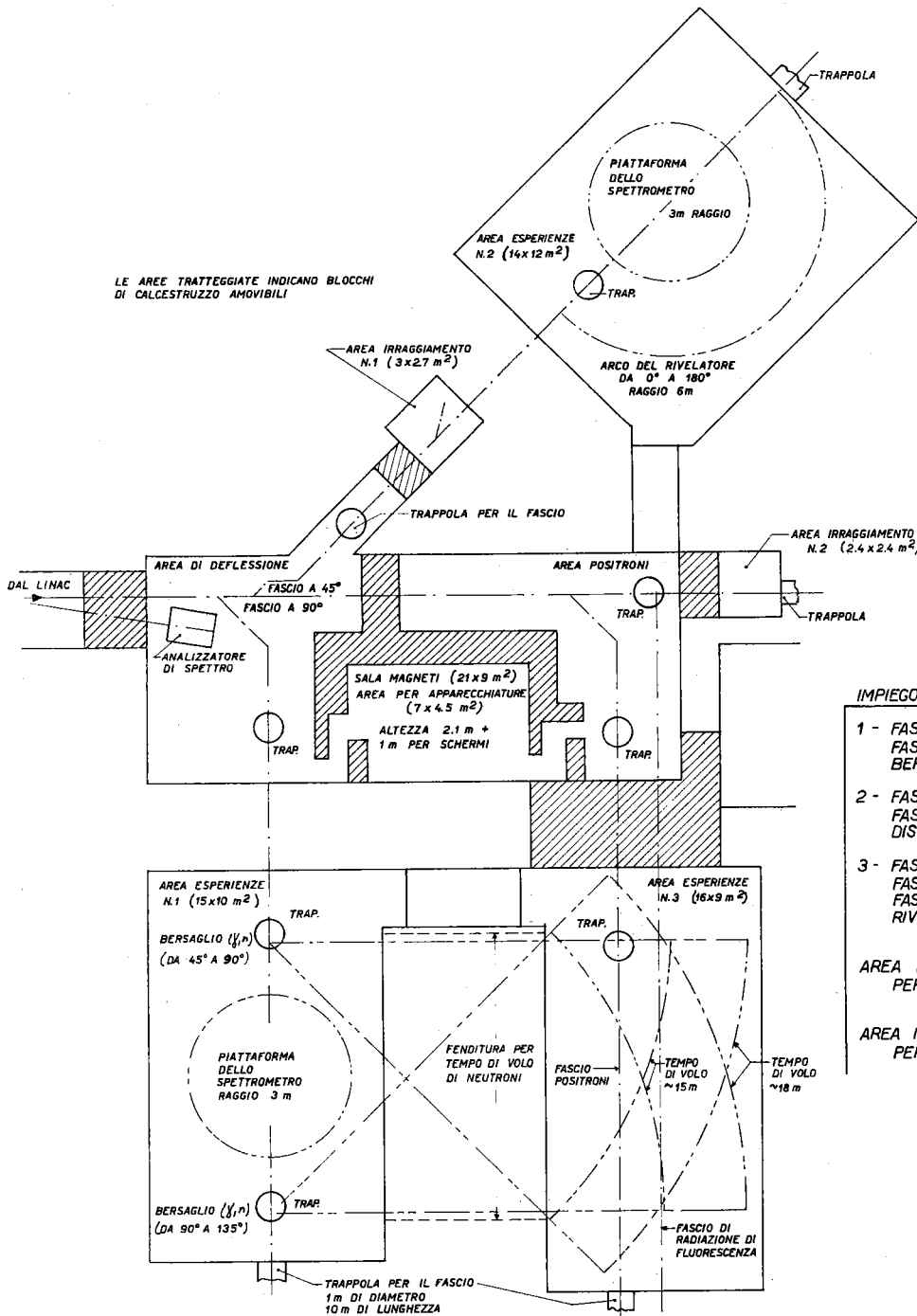
by S. Penner (Jan. 7, 1959 - Internal Report del NBS)

Le specifiche tecniche e la disposizione delle aree sperimentali sono contenute nella nota (v. anche figure):

"Design of Magnet System of NBS Linac"

(May 1960 - Internal Report del NBS)

(x) - Per la disposizione delle aree sperimentali e per il progetto degli edifici vedi figure 3,4,5 e 6.



IMPIEGO DELLE AREE ESPERIENZE :

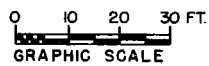
- 1 - FASCIO ELETTRONI
FASCIO GAMMA
BERSAGLI TEMPI DI VOLO
- 2 - FASCIO ELETTRONI
FASCIO GAMMA
DISPONIBILITA' PER INDURITORE DEL FASCIO
- 3 - FASCIO POSITRONI
FASCIO GAMMA DI ANNICHILAZIONE
FASCIO DI RADIAZIONE DI FLUORESCENZA
RIVELATORI DI TEMPI DI VOLO

AREA IRRAGGIAMENTO 1
PER FASCI ANALIZZATI

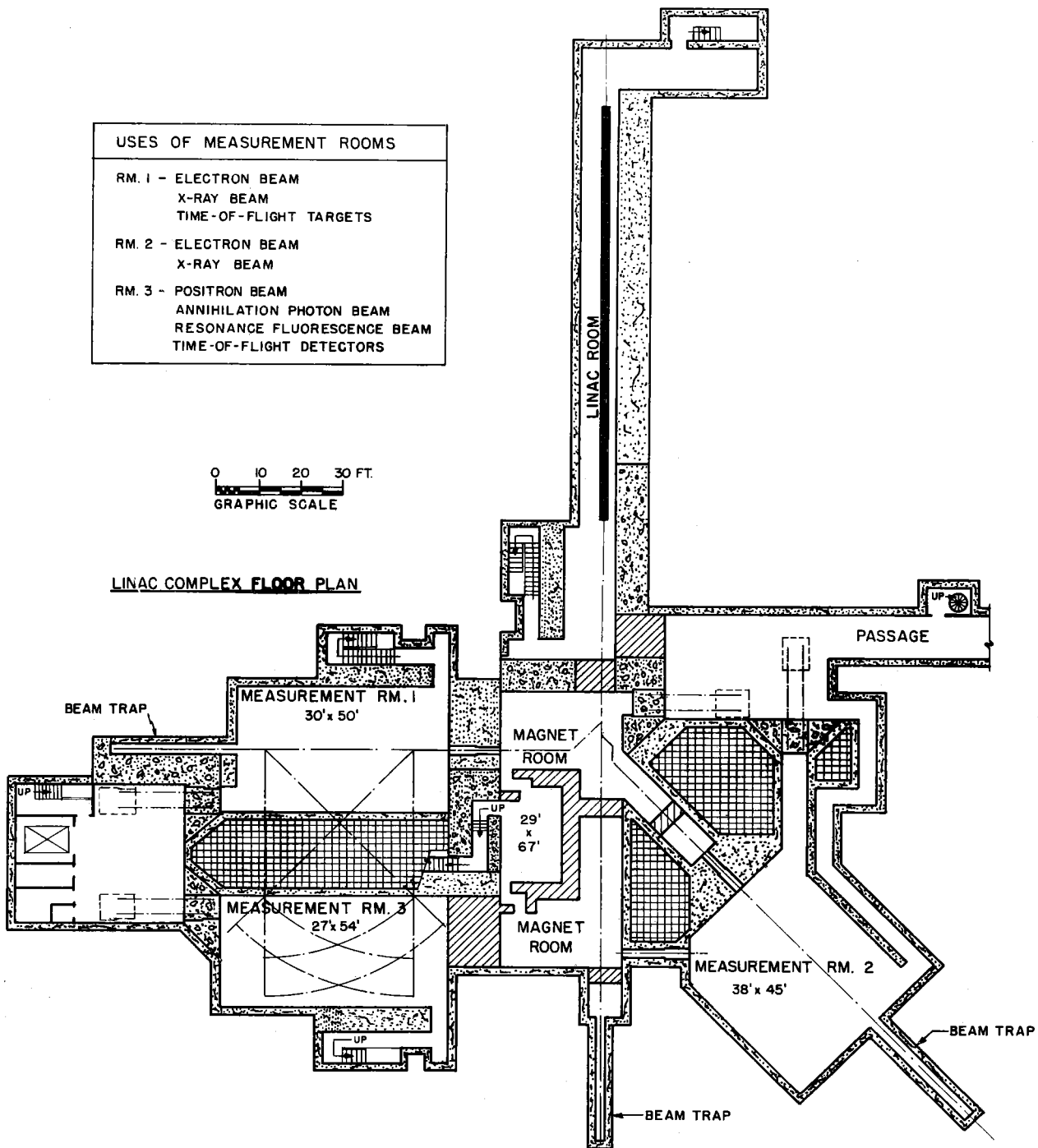
AREA IRRAGGIAMENTO 2
PER FASCIO TOTALE

DISPOSIZIONE FASCI PREVISTA PER LINAC 160 MeV DEL N.B.S.

USES OF MEASUREMENT ROOMS	
RM. 1 -	ELECTRON BEAM X-RAY BEAM TIME-OF-FLIGHT TARGETS
RM. 2 -	ELECTRON BEAM X-RAY BEAM
RM. 3 -	POSITRON BEAM ANNIHILATION PHOTON BEAM RESONANCE FLUORESCENCE BEAM TIME-OF-FLIGHT DETECTORS



LINAC COMPLEX FLOOR PLAN



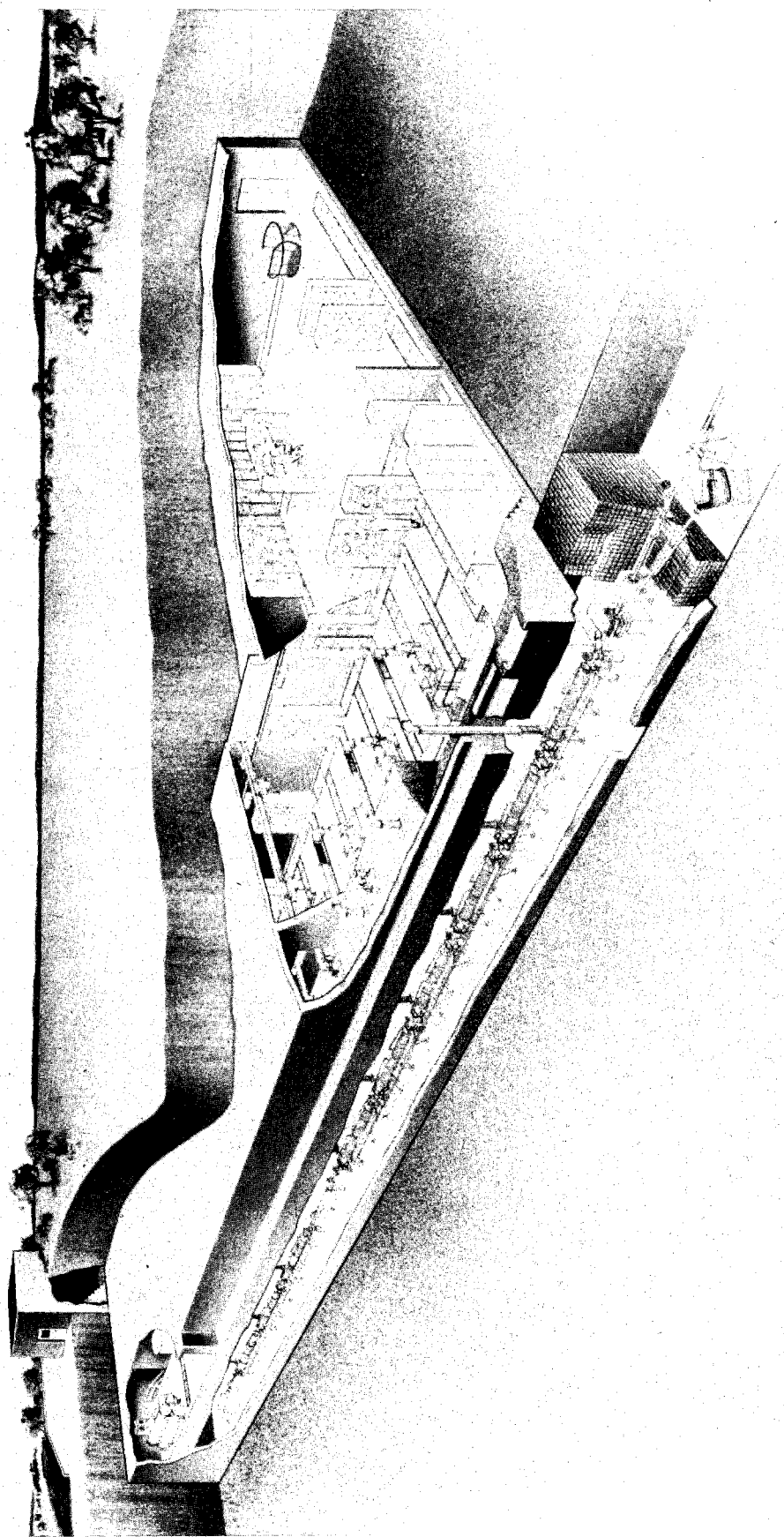
DISPOSIZIONE DEL LINAC DA 160 MeV DEL N.B.S. ED AREE SPERIMENTALI



LINAC ACCELERATOR BUILDING
BROOKHAVEN NATIONAL LABORATORY
UPTON, NEW YORK
GENERAL CONTRACTOR: BURNS & MCDONNELL
ARCHITECT: PERKINS+WILL



MODELLO EDIFICIO LINAC 160 MeV DEL N.B.S.



SEZIONE DELL'ALLOGGIAMENTO DEL LINAC DA 160 MeV DEL N.B.S.

Un problema particolarmente gravoso è costituito dalla potenza del fascio che richiede particolari accorgimenti sia nella costruzione dei collimatori, sia nell'impiego di materiali che riducano al minimo gli inconvenienti della radioattività indotta, sia nella realizzazione delle schermature.

Poichè prevedono che la sperimentazione con il linac richiederà misure fini ed assolute di sezioni d'urto, pongono particolarmente cura nella calibrazione dei magneti. Per questo hanno acquistato un Van de Graaff da 400 KeV per accelerare joni di Xenon. Con questi è possibile calibrare magneti fino a 250 MeV/c con fasci posizionati a $\leq 0,1$ mm. Il costo di questo acceleratore è di 20.000 dollari.

Il costo previsto per l'installazione del Linac è:

1) Linac	1.7×10^6	\$
2) Magneti	1.0×10^6	\$
3) Edifici	3.0×10^6	\$

Lista degli estratti e note interne avute dal NBS^(x):

- "Shielding for the Proposed Linear Accelerator" by E. Hayward (Jan. 9, 1959)
- "Energy Analyzer for Linac" by J.E. Leiss and S. Penner (Jan. 21, 1959)
- "Disposal of Ozone and Radioactive Air Produced by Linac" by B. Petree (May 20, 1959)
- "Positron and Annihilation Photon Yields of the Proposed Linac" by S. Penner (Feb. 3, 1959)
- "The Linac as a Single Shot Radiation Source" by J. Wyckoff (Sep. 15, 1959)
- "Measurement Systems for High-level Dosimetry" by E.J. Hart, H.W. Koch, B. Petree, J.H. Schulman, S.I. Taimuty and H.O. Wyckoff
- "Transient Beam Loading in Linear Electron Accelerators" by J.E. Leiss (Sept. 29, 1958)

(x) - Disponibili presso la Biblioteca dei Laboratori Nazionali di Frascati.

- "Calculation of Properties of Magnetic Deflection Systems" by S. Penner (Dec. 7, 1960)
- "Expected Concentrations of and Dose Rates from N¹³ Generated by NBS Linac" by B. Petree (May 3, 1961)
- "Design of a High Resolution, Moderate Solid Angle Spectrometer for High Energy Electron Scattering" by S. Penner (June 5, 1961)
- "The Damping of Radial Betatron Oscillations in Electronic Storage Rings" by R.A. Schrack and J.E. Leiss (Jan. 5, 1959)
- "Production of Monoenergetic Photon Beams by Positron Annihilation in Flight" by S. Penner (Sept. 1958)
- "Nuclear Matter Distributions from Coherent Neutral Pion Production" by J.E. Leiss and R.A. Schrack
- "Bremsstrahlung Cross-Section Formulas and Related Data" by H.W. Koch and J.W. Motz
- "Low-Energy Photoproduction of Neutral Mesons from Complex Nuclei" by R.A. Schrack, S. Penner and J.E. Leiss (May 16, 1960)
- "Out of Tune Operation of a Linear Accelerator" by M. Danos (Feb. 1, 1959)
- "Nuclear Alignment Effects in Neutral Pion Photoproduction and in Electron Scattering" by S. Penner (May 2, 1962)
- "Neutral Meson Photoproduction from Complex Nuclei" by R.A. Schrack (Dec. 1960)
- "Proposed Arrangement of Neutron Time-of-flight paths" by E.G. Fuller
- "Electron Beam Switching System for Linac" by S. Penner (Jan. 7, 1959)
- "Instrumentation Necessary for Use of Linear Electron Accelerator" by J.E. Leiss (Feb. 13, 1959)
- "Design of Magnet System for NBS Linac" (May 1960)
- "Systematics of Problems of Photonuclear Physics" by M. Danos (Jan. 19, 1959)
- "A Possible Program in Photonuclear Physics" by E.G. Fuller (Jan. 27, 1959)

Durante la visita al National Bureau of Standards ho telefonato a Barbier a Stanford chiedendo notizie dell'anello di accumulazione. La situazione comunicatami è la seguente:

- Il vuoto non è buono, $\sim 10^{-5}$ mm di Hg.
- Vita media elettroni in un anello ~ 5 secondi.
- Lavora a 260 MeV poichè il deflettore pulsato scarica a tensione più alta. Sembra infatti che alcuni isolanti siano stati danneggiati dall'evaporazione di rame.

- Hanno iniziato l'iniezione in entrambi gli anelli, ma in uno dei due, inspiegabilmente, la vita media è di solo 5 ms.
- Iniettano a 15 pulsanti al secondo, con una efficienza che è solo il 10% della calcolata.
- Il fascio circolante è di 2 mA pari a $2 \cdot 10^8$ elettroni circolanti.

4. Visita a Brookhaven

Sono stato gentilmente accompagnato in questa visita dal Dr. L.C. Yuan.

Sono in corso all'AGS da 30 GeV esperienze con la camera a bolle da 20 pollici, un'esperienza di Cocconi in prosecuzione di quella iniziata al CERN (scattering di pioni di alta energia da protoni), e l'esperienza sul neutrino.

Quest'ultima impiega un rivelatore dei neutrini costituito da una camera a scintilla di alluminio da 30 tonnellate. Hanno osservato 50 tracce dovute ad interazioni di neutrini. Queste si presentano come tracce di mesoni μ (in 22 casi c'è solo la traccia del μ). In altri termini i neutrini associati con il decadimento μ sono diversi dai neutrini associati con il decadimento dei β .

Ho veduto la camera a scintilla a cilindri coassiali di Beker. E' costituita da 10 gap ottenute tra cilindri coassiali di alluminio da 1/10 di mm di spessore, distanti circa 1 cm. La lunghezza dei cilindri è circa 50 cm, e sono incollati superiormente ed inferiormente ad una serie di anelli di lucite. Le basi superiori e quelle inferiori sono collegate da un supporto longitudinale esterno che serve anche per le giunture dei cilindri di alluminio lungo la generatrice, e per il passaggio dei tubicini per il riempimento. La camera lavora a 12 KV ed ha un diametro esterno di 40 cm.

Le foto vengono prese da un estremo, e la stereoscopia è ottenuta mediante 60 specchietti inclinati di 20° po-

sti a "turbina" all'altro estremo.

Camere a scintilla con fogli di alluminio da $2 + 3 \times 10^{-2}$ mm vengono costruite da Fisher nel laboratorio elettronico. I fogli di duralluminio vengono attaccati sulle cornici di lucite ($\sim 40 \times 40 \text{ cm}^2$) mediante "Schoch tape" ad incollatura sulle due facce. La tensione dei fogli è ottenuta ponendo le cornici in frigorifero prima di incollarle sullo alluminio. Le cornici sono poi incollate tra di loro mediante araldite a freddo che assicura anche la tenuta di vuoto.

Ricordo anche il suggerimento di Goldhaber, di considerare la possibilità di accumulare in Adone un fascio polarizzato di elettroni.

5. Visita a Cornell

L'elettrosincrotrone funziona con grande stabilità. Hanno finalmente raggiunto l'energia di 1,4 GeV, cambiando i poli del magnete che avevano l'orientamento del lamierino in direzione errata. Hanno la ciambella di vetro fatta dalla Corning, e ne sono soddisfatti. Stanno facendo preparare una ciambella di ceramica con le due pareti verticali di tantalio.

Sono molto soddisfatti del Linac. L'intensità attuale del sincrotrone è di $0,5 \times 10^{12}$ quanti equivalenti/minuto a 1000 MeV, attraverso un collimatore di 1 cm x 1,5 cm posto a 3 metri dalla targhetta interna. Ciò equivale a circa 4 volte la nostra attuale intensità media.

Esperienze:

- De Wire misura la fotoproduzione di π^0 in avanti. Il dispositivo sperimentale consta (v. fig. 7) di due Cerenkov anticoincisi posti simmetricamente rispetto al fascio, dietro due fenditure. La posizione delle fenditure può essere cambiata in tre posizioni diverse, a tre angoli $\theta_1, \theta_2, \theta_3$.

Le curve di efficienza dei Cerenkov, calcolate, hanno l'aspetto della fig. 8 in funzione dell'energia del π^0 .

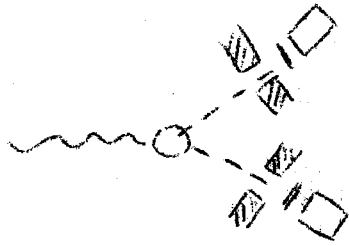


FIG. 7

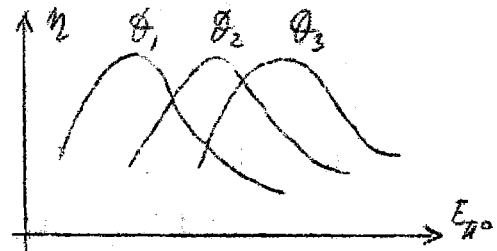


FIG. 8

Mediante sottrazione di una frazione dei conteggi ad un angolo ϕ rispetto ai conteggi ad un angolo minore, si riesce abbastanza bene ad individuare una banda di energie.

- Mc Daniel ha eseguito una misura della sezione d'urto di fotoproduzione dei K^+ , mediante misura del tempo di volo. Ha impiegato un circuito tipo Cottini e Gatti per discriminare i K dai π , mediante battimento e misura di fase relativa tra l'impulso del fotomoltiplicatore di rivelazione e la fase della radiofrequenza. Ottiene un potere risolutivo di circa 0,5 ns, e i K sono separati dai π da 1.6 ns per momento di 600 MeV/c.

In associazione con queste misure (vedi: "A nanosecond time of Flight circuit utilizing the inherent modulation of synchrotron beam" - R.L. Anderson, B.D. McDaniel - Preprint of Cornell Univ., ed anche "Photoproduction of K^+ mesons in Hydrogen" - R.L. Anderson, E. Gabathuler, B.C. McDaniel, A.J. Sadoff - Paper J-9 delivered at meeting of A.P.S. - Washington D.C. - April 14-1962) hanno anche fatte misure di polarizzazione del Λ^0 i cui risultati preliminari sono indicati nella tabella.

- Silverman sta preparando camere a scintilla a pareti sottili, da usare in associazione con un magnete analizzatore, per rivelare i vari stati mesonici risonanti (mesone ABC, η^0 , ω^0 , etc.).

- L'anello di accumulazione, delle dimensioni all'incirca di AdA, non procede molto perchè vi lavora da solo uno graduato student. La ciambella ha un'altezza di poco meno di 1 cm.

PRELIMINARY RESULTS Λ_0 POLARIZATION

$$|\alpha| \vec{P} = \frac{1}{\langle \cos \theta \rangle} \frac{Nu - Nd}{Nu + Nd}$$

$$E_\gamma = 1055 \pm 35 \text{ MeV}$$

$$\theta \wedge \text{CM} = 100 \text{ degrees}$$

$$\langle \cos \theta \rangle = .76$$

Δ Detection Efficiency

calculated $7.4 \pm 0.5\%$

measured $6.8 \pm 0.6\%$

coincidences with
 K^+ telescope

coinc. with K^+ telescope
and decay counters

total number of coinc. 396

244

Per cent accidentals 9%

6%

$\frac{Nu - Nd}{Nu + Nd}$ Run 1 $.08 \pm .08$

$.13 \pm .10$

Run 2 $0.22 \pm .09$

$.27 \pm .10$

Average $.15 \pm .06$

$.20 \pm .07$

Geometrical Asymmetry $< \pm .03$

$$\frac{Nu - Nd}{Nu + Nd} = .17 \pm .06$$

$$|\alpha| \vec{P} = .23 \pm .08 \text{ in direction } \vec{P}_K \times \vec{P}_\gamma$$

$$|P| = .32 \pm .11 \text{ if } |\alpha| = .7$$